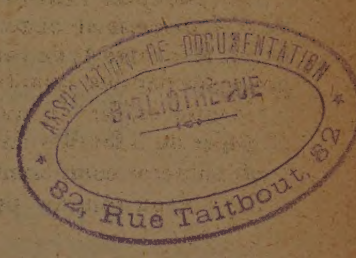
ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 OCTOBRE 1939.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.



MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Sur un nouveau type de roches métamorphiques (sakénites) faisant partie des schistes cristallins du Sud de Madagascar.* Note (1) de M. ALFRED LACROIX.

Il y a quelques années, j'ai proposé au Service géologique de Madagascar de désigner sous le nom collectif de *sakénite* (2) une série de types lithologiques nouveaux, trouvés parmi les roches recueillies, à partir de 1928, par M. H. Besairie, à Sakeny, dans la région d'Ihosy.

Les circonstances actuelles devant retarder la publication d'une étude détaillée de ces roches entreprise depuis longtemps, mais terminée, je me propose d'en résumer ici les principales conclusions.

Au milieu de paragneiss riches en minéraux alumineux (sillimanite, cordiérite, almandin, etc.) et associés à des pyroxénites (3) et des amphibolites de caractères variés, les sakénites forment des bancs dont le principal, ayant une dizaine de mètres de puissance, a été suivi par M. Besairie sur près de 5^{km} (orientation Nord-Sud).

Les sakénites sont des roches blanches saccharoïdes, à aspect

(1) Séance du 18 septembre 1939.

(2) Ce terme a été employé par M. Besairie dans la légende de la feuille d'Ihosy Nord (1933) de la *Carte géologique de Madagascar* au 1 200 000e et dans son explication (*Bull. Soc. franç. minér.*, 56, 1933, p. 305) dans ce même recueil (52, 1922, p. 75), j'avais donné une première description de l'un de ces types.

(3) Elles sont indépendantes des pyroxénites de cette région renfermant des amas ou veines de *phlogopite*.

marmoréen, à grain moyen et cassure esquilleuse. Le plus souvent non rubanées, elles sont à la fois dures et tenaces.

Un minéral constant et généralement prédominant est l'*anorthite*, ou un plagioclase très voisin. Il est associé à des minéraux très alumineux et c'est là une des caractéristiques de ces roches; ce peuvent être un *spinelle*, la *saphirine*, le *corindon*, avec parfois une *leucaugite*, riche en alumine. La phlogopite peut exister, mais elle est toujours peu abondante. Tous ces minéraux sont pauvres en fer, aussi quand la saphirine ou le spinelle abondent, la roche, tout en prenant une couleur bleue ou verdâtre, est-elle toujours de teinte claire. Aux affleurements, l'anorthite est corrodée; sur sa surface rugueuse un peu jaunâtre, les barylites se détachent en relief, avec un aspect scoriacé.

En étudiant une collection de ces roches, on serait volontiers tenté de les considérer comme des entités distinctes, mais M. Besairie m'a donné l'assurance que ce sont là seulement des facies de variation d'un type moyen; ils passent les uns aux autres. C'est pourquoi je les désigne sous le même nom, univoque. Leur composition si imprévue, dans laquelle prédomine parfois comme composant essentiel le rare silico-aluminate basique de magnésium qu'est la saphirine, nécessite une description détaillée :

Sakénite à saphirine. — La saphirine est généralement clairsemée dans l'anorthite, mais il est des points où elle se concentre. Elle forme alors de grandes plages englobant les grains d'anorthite; dans les lames minces, elles paraissent homogènes en lumière naturelle, mais, en lumière polarisée parallèle, elles apparaissent comme formées par l'association d'un grand nombre de grains diversement orientés.

Une autre variété est blanche, tachetée de bleu; les gros grains d'anorthite sont moulés par des plages complexes de saphirine. Cet ensemble est englobé pœcilitiquement par des cristaux de leucaugite incolore de plusieurs millimètres. Ce pyroxène est accompagné d'un peu de phlogopite incolore, en partie transformée en une chlorite blanche.

Enfin une variété, de couleur blanche ou enfumée, est parcourue par des traînées d'un bleu pâle de saphirine. Une dernière caractéristique réside dans l'existence de larges lames de phlogopite jaune paille.

Sakénites à spinelle. — Sur le fond blanc d'anorthite prédominante, à clivages éclatants, se détachent de gros grains de spinelle, sortes de porphyroblastes ayant jusqu'à 1^{cm} de diamètre et tranchant, grâce

à leur couleur d'un vert noir, quand on les regarde à l'œil nu; ils sont d'un vert très pâle en lames minces.

Certains échantillons présentent une particularité curieuse. Au milieu du spinelle, apparaît, comme un œil blanc jaunâtre formé par un cristal unique de *corindon*, à plans de séparation brillants. Le corindon y possède des macles polysynthétiques accompagnant les plans de séparation.

Un des échantillons étudiés a l'aspect d'un galet à surface bombée et comme polie; il est formé par un grand cristal de *corindon* blanc mesurant $5^{cm},5 \times 4^{cm},5$ et possédant un plan de séparation unique très miroitant. Ce cristal est entouré par une couronne de spinelle, d'un vert moins foncé que dans les cas précédents, et dont les grains, un peu allongés, sont implantés normalement à la surface du corindon. Au microscope, l'on constate dans le corindon des veinules de *diaspore*, plutôt bacillaire que lamelleux.

En général, ces sakénites sont leucocrates et à plus gros grain que celles renfermant de la saphirine, mais elles contiennent parfois des portions d'un verdâtre foncé, plus riches que les précédentes en cristaux de spinelle d'un vert noir; celui-ci est assez ferrugineux, et par suite d'un vert foncé en lames minces. Il est accompagné de larges plages de corindon incolore, à plans de séparation nombreux et très nets; elles sont traversées par des traînées de très petites inclusions cristallines, qui paraissent constituées par un spinelle à peine coloré, en raison de sa petitesse.

Sakénites à spinelle et saphirine. — Ces roches sont blanches, mais tachetées par place de bleuâtre ou de verdâtre, soit d'une façon uniforme, soit avec une distribution vaguement rubanée. L'examen microscopique fait voir que ces différences de couleur tiennent à ce que les régions vertes renferment du spinelle et les bleues de la saphirine, les deux minéraux pouvant d'ailleurs être associés en toutes proportions. Dans les lames minces, tous deux sont presque incolores et par suite de la très faible biréfringence de la saphirine, pour obtenir un diagnostic immédiat, il faut opérer sur des plaques épaisses.

Ces deux minéraux, seuls ou associés, ne se présentent souvent que sous la forme d'un cadre extrêmement grêle, cerclant les grains d'anorthite. Quelquefois aussi on les trouve entourant de la même façon un cristal de corindon, mais alors avec prédominance de la saphirine. Çà et là apparaissent quelques lamelles de phlogopite.

Corindonite anorthitique. — Cette roche exceptionnelle est à plus gros grain que les précédentes; blanche ou jaune pâle, elle est dépourvue de

barylites colorés et formée de corindon en proportion variable, mais pouvant être prédominante, et d'anorthite avec seulement quelques paillettes de phlogopite d'un jaune clair et quelques grains de saphirine.

Plagioclasite hololeucocrate. — Il faut enfin signaler le cas où la roche est formée uniquement d'anorthite à structure granoblastique; ce type est peu abondant.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires.* Note de M. **Henri Deslandres**.

I. Cette Note est la suite de deux Notes présentées sous le même titre les 2 novembre et 17 décembre 1938, et l'analyse nouvelle est exposée dans 17 Notes de 1930 à 1938 (1). La recherche, interrompue pendant plusieurs mois, a été reprise récemment.

Je rappelle que l'analyse de la fréquence moléculaire ν est basée sur la formule

$$\nu = qd_1/s'r', \tag{1}$$

s' étant le nombre des électrons activés dans un atome ou groupe d'atomes de la molécule par l'approche d'un autre atome ou groupe d'atomes de la même molécule; d_1 étant la constante universelle 1062.5, q et r' étant des nombres entiers.

Cette formule n'est pas due au développement d'idées théoriques; elle a été imposée par l'étude continue et l'enchaînement des faits. Elle a été vérifiée sur plus de 150 molécules, sur les molécules diatomiques d'abord, puis sur des molécules de plus en plus complexes. En fait, parmi les nombreuses molécules dont le spectre Raman a été relevé, je n'en ai trouvé aucune qui soit en désaccord net avec la formule (2).

---

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 753 et 1341. Voir aussi 7 Notes présentées sous le titre *Relation simple du spectre moléculaire avec la structure de la molécule*, 191, 1930, p. 1404; 192, 1931, p. 521, 1417 et 1606; 193, 1931, p. 1364; 194, 1932, p. 1083 et 2093; 5 Notes sous le titre *Relation simple du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants,* 198, 1934, p. 2037; 199, 1934, p. 393 et 1543; 200, 1935, p. 603 et 1997; 5 Notes sous le titre *Constante universelle des spectres de bandes. Attribution des raies de la bande à d'autres causes que la rotation de la molécule,* 205, 1937, p. 1337; 206, 1938, p. 1153, 1424 et 1844; 207, 1938, p. 5.

(2) Au début, j'ai accepté mal le coefficient r' du dénominateur de la formule (1). Tout se passe comme si la fréquence fondamentale des s' électrons activés égale

On analyse la fréquence en recherchant les nombres s', r' et q, qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence avec un résidu très faible. D'autre part, la molécule se divise en général en deux parties qui s'activent mutuellement et doivent émettre des fréquences égales. De plus, les électrons de l'atome sont activés successivement non pas un par un, mais par anneaux et sous-anneaux; et l'on peut, en partant de la formule chimique de la molécule, avoir immédiatement les nombres s' d'électrons activables pour ses deux parties, et former ce que j'ai appelé d'abord la liste *Ex.* et peu après la liste *Act.* Les nombres s' des deux listes *Act.*, et surtout les nombres s' communs aux deux listes, se retrouvent dans l'analyse des fréquences moléculaires; la formule (1) est ainsi vérifiée une fois de plus. Pour les détails, le lecteur est prié de se reporter aux Notes précédentes.

II. Un cas intéressant dans cette recherche est celui où un atome de la molécule est remplacé par un de ses isotopes. La liste *Act* est alors la même pour les deux molécules; mais leurs fréquences sont le plus souvent différentes.

J'ai analysé déjà des composés similaires de l'hydrogène et de son isotope, le deutérium, dont la masse est deux fois plus forte. Les premiers résultats ont été résumés brièvement, comme il suit, au bas d'une page, dans la Note du 2 décembre 1937 : « J'ai analysé plusieurs composés d'hydrogène dans lesquels un ou plusieurs atomes d'hydrogène léger sont remplacés par de l'hydrogène lourd. Plusieurs fréquences sont modifiées, mais les nombres s' sont maintenus, les variations portant seulement sur les nombres r' et q. A citer les phosphures PH^3 et PD^3 ».

Comme la question est importante, j'analyse aujourd'hui avec détails les mêmes composés PH^3 et PD^3, et ensuite les molécules H^2, HD et D^2, les molécules C^6H^6 et C^6D^6 (3). Les résultats sont condensés dans le Tableau XIX ci-après, qui présente d'abord les listes *Act.* des nombres s' d'électrons activables, et ensuite l'analyse des fréquences principales qui sont les plus intenses et les plus petites.

Avec la molécule PH^3, les arrangements possibles sont $P-H^3$,

---

à d_1/s', et de plus aisément divisible en parties égales. Avec les spectres de C^6H^6 et C^6D^6, qui ont de nombreuses fréquences, la fréquence la plus intense est un multiple de $d_1/15$ et de $d_1/9$, et les autres fréquences offrent au dénominateur de la formule les mêmes nombres 15 et 9 multipliés par 2, 3, 4, 5 .... Le coefficient r' est imposé par l'enchaînement des faits.

(3) Les fréquences de ces molécules sont tirées de l'Ouvrage de Magat sur l'Effet Raman, 1937.

Tableau XIX. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste Act. — Nombres *s'* d'électrons des anneaux (a.), des anneaux et sous-anneaux (a'.) activables dans les atomes et groupes d'atomes des molécules PH^3 et PD^3, C^6H^6 et C^6D^6.

	PH^3 et PD^3.				*C^6H^6 et C^6D^6.*		
	P.	*PH.*	*PH^2.*	*PH^3.*	*C^3H^3.*	*C^6H^5.*	
1 a'..........	*3*	*4*	*5*	*6*	*9*	*17*	*1* a'.
1 a...........	*5*	*6*	*7*	*8*	*15*	*29*	*1* a.
2 a'..........	*11*	*12*	*13*	*14*			*2* a'.
2 a...........	*13*	*14*	*15*	*16*	*21*	*41*	*2* a.
3 a...........	*15*	*16*	*17*	*18*			*3* a.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.	Nombre *s'* d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre des anneaux activés.
PH^3 gaz Raman	$\nu = (10)\ 2320\ =$	$24 d_1/11 \quad +1,8$	11 de P 2 a'.
3 fréquences, 18 électrons.		$35 d_1/16 \quad -4,2$	16 de PH 3 a. et de P^- 3 a. avec H^{3+}.
		$107 d_1/7\times7-0,1$	7 de PH^2 1 a.
		$131 d_1/15\times4+0,2$	15 de P 3 a. et de PH^2 2 a.
	$\nu = (1)\ 979\ =$	$12 d_1/13 \quad -1,8$	13 de P 2 a. et de PH^2 2 a'.
		$47 d_1/17\times3-0,2$	17 de PH^2 3 a.
PD^3 gaz Raman..............	$\nu = (10)\ 1684\ =$	$19 d_1/12 \quad +1,7$	12 de PD 2 a'. ou de P^- 2 a'. avec H^{3+}
1 fréquence, 18 électrons.		$27 d_1/17 \quad -3,5$	17 de PD^2 3 a.
		$95 d_1/15\times4+1,7$	15 de P 1 a. ou de PD^2 2 a.
		$103 d_1/13\times5+0,4$	13 de P 2 a. ou de PD^2 2 a'.
		$122 d_1/11\times7+0,4$	11 de P 2 a'. et 7 de PD^2 1 a.
PH^3 liquide Raman..........	$\nu = \quad 2303\ =$	$130 d_1/15\times4+0,9$	rapprocher de ν 2320 de PH^3 gaz.
PD^3 liquide Raman..........	$\nu = \quad 1670\ =$	$121 d_1/11\times7+0,4$	rapprocher de ν 1684 de PD^3 gaz.
H^2 gaz Raman..............	$\nu = \quad 4162,1 =$	$47 d_1/3\times4+0,6$	3 relié peut-être à H^3-H.
		$192 d_1/7\times7-1,2$	7 id. à H^7-H.
		$235 d_1/15\times4+0,6$	15 id. à $H^{15}-H$.
HD gaz Raman..............	$\nu = \quad 3631,4 =$	$41 d_1/3\times4+1,2$	3 id. à H^3-D et D^3H.
D^2 gaz Raman..............	$\nu = \quad 2993\ =$	$76 d_1/3\times9+2,3$	3 id. à D^3-D.
		$138 d^1/7\times7+0,6$	7 id. à D^7-D.
		$149 d_1/15\times4+0,3$	15 id. à $D^{15}-D$.
C^6H^6 liquide Raman........	$\nu = (10)\ 991,5 =$	$14 d_1/15 \quad -0,3$	15 de C^3H^3 1 a.
plus de 30 fréquences,		$42 d_1/9\times5-0,3$	9 de C^3H^3 1 a'.
42 électrons.	$\nu = (5)\ 3061,2 =$	$49 d_1/17 \quad -1,3$	17 de C^6H^5 1 a'.
		$121 d_1/21\times2+0,2$	21 de C^3H^3 2 a.
C^6D^6 liquide Raman........	$\nu = (5)\ 944,7 =$	$8 d_1/9 \quad +0,3$	9 de C^3D^3 1 a'.
24 fréquences, 42 électrons.		$40 d_1/15\times3+0,3$	15 de C^3D^3 1 a.
		$56 d_1/21\times3+0,3$	21 de C^3D^3 2 a.
	$\nu = (5)\ 2292,3 =$	$110 d_1/17\times3+0,6$	17 de C^6D^5 1 a'.
		$136 d_1/21\times3+0,3$	21 de C^3D^3 2 a.
	$\nu = (1)\ 337\ =$	$13 d_1/41 \quad +0,1$	41 de C^6D^5 2 a.
		$19 d_1/15\times4+0,5$	15 de C^3D^3 1 a.
	$\nu = (1)\ 1157\ =$	$37 d_1/17\times2+0,7$	17 de C^6D^5 1 a'.
		$49 d_1/15\times3+0,1$	15 de C^3D^3 1 a.

$PH - H^2$, $PH^2 - H$; de même avec PD^3. Or les nombres s' de la liste *Act.*, 11, 13 et 15 de l'arrangement $P - H_3$, $P - D^3$, les nombres 7, 11, 13 et 19 de l'arrangement $PH^2 - H$, $PD^2 - D$, se retrouvent prédominants dans l'analyse des fréquences; mais les coefficients q et r' sont différents avec l'hydrogène et son isotope. De plus l'analyse montre que ces deux arrangements sont les plus fréquents : ce qui est en accord avec les propriétés chimiques.

Le tableau donne aussi les fréquences de PH^3 et PD^3 liquides, qui sont reliées simplement à PH^3 et PD^3 gaz. La fréquence du liquide et celle du gaz sont les harmoniques d'une même fréquence élémentaire, le numéro d'ordre du premier harmonique étant inférieur d'une unité au numéro d'ordre du second. En général la fréquence Raman du composé liquide est un peu inférieure à la fréquence du gaz; il est possible que la relation curieuse reconnue avec les deux phosphures se retrouve avec d'autres molécules ([4]).

Les molécules H^2, HD et D^2 sont analysées ensuite. Il n'y a pas de liste *Act.*; mais on sait que les molécules du type A^2 dont le nombre atomique A est petit, se polymérisent facilement et l'on a rattaché les fréquences émises aux polymères H^4, H^8 et H^{16}. De toute façon les nombres s' donnés par l'analyse sont les mêmes pour les trois molécules.

Les molécules C^6H^6 et C^6D^6 qui suivent offrent un grand intérêt. La première a été déjà analysée avec détails dans une Note du 18 février 1935; ses nombreuses fréquences sont en bon accord avec les nombres s' de la liste *Act.*, pour les arrangements $C^3H^3—C^3H^3$ et $C^6H^5—H$ qui sont les plus fréquents. Le même accord est réalisé avec les mêmes nombres s' dans les fréquences de C^6D^6. Les nombres s' des deux molécules, 9, 15 et 21 sont étroitement liés; une fréquence qui est un multiple de $d_1/9$ est rattachée aussi à 15 et 21; car $9 \times 5 = 15 \times 3$ et $9 \times 7 = 21 \times 3$. Les nombres 9, 15 et 21 sont égaux à 3×3, 3×5, 3×7, et 3, 5 et 7 sont les nombres s' du radical CH; de plus $9 \times 2 = 6 \times 3$ et le nombre 6 est rattaché à l'atome

([4]) Les fréquences de PH^3 et PD^3 liquide ont été mesurées par les mêmes auteurs, de Hemptinne et J. M. Delfosse, *Bull. classe Sc. Acad. roy. Belgique*, 21, 1935, p. 793.

J'ai examiné aussi les fréquences de H^2 liquide et H^2 gaz, qui n'ont pas montré une relation analogue; elles ont été mesurées par des auteurs différents, et la polymérisation peut ne pas être la même dans les états liquides et gazeux. D'autre part les fréquences principales de C^6H^6 gaz et C^6H^6 liquide, mesurées par la même personne, sont les mêmes.

de carbone. Finalement toutes les parties de C^6H^6 et C^6D^6 vibrent en parfait accord, ce qui est l'une des causes de leur grande stabilité.

Cette Note met bien en relief l'importance de la formule (1) et l'influence grande, déjà signalée, de la masse des atomes sur les fréquences émises par la molécule.

En même temps j'ai continué l'étude des complexes chimiques et des liens qui, dans la catalyse, unissent le catalyseur au composé dont il assure la formation. Les nouveaux résultats obtenus seront présentés dans une Note prochaine.

MICROBIOLOGIE DU SOL ET DES EAUX. — *Sur la synthèse biogène de l'ammoniac dans le sol et les eaux.* Note ([1]) de M. **Serge Winogradsky.**

J'ai établi ([2]) le fait de la production d'ammoniac dans les cultures d'*Azotobacter* sur des plaques de silice gélatineuse *dépourvues d'azote combiné.*

Tout l'ensemble des faits étudiés paraissait justifier la conclusion que cette ammoniac est à considérer comme un produit de synthèse, la pensée physiologique se refusant à admettre un processus de décomposition dans les conditions données.

« Désormais, concluait la Note, l'étude des *Azotobacter* en qualité de producteurs d'ammoniac synthétique se pose au premier plan du problème de la fixation de l'azote atmosphérique. »

Les observations résumées dans la Note ont été exposées en détail dans le Mémoire paru en 1932 dans les *Ann. Inst. Pasteur*, t. 48.

Ces résultats ont été soumis à une critique sévère par Dean Burk et collab., du *Bureau of Soils* de Washington, qui ont cherché à démontrer que l'ammoniac dégagé n'est qu'un produit de désamination *oxydative* subie par la substance même des cellules *Azotobacter*, aussitôt que l'aliment (le sucre) commence à manquer.

Pour écarter les objections concernant l'origine de l'ammoniac dégagé, il était indiqué de chercher à déterminer le bilan de l'azote dans les cultures en question, ceci au moyen de trois dosages successifs, à savoir :

([1]) Séance du 16 octobre 1939.

([2]) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 661.

dosage de l'azote fixé par les cellules, dosage de l'azote exhalé sous forme d'ammoniac, enfin, dosage de l'azote restant.

On s'est servi de plaques de gel silicique, de préférence d'un diamètre de 20 et 25^{cm}. Comme aliment on choisit l'éthanol ou un sel butyrique. Quant à la dose, elle est réduite à un taux aussi faible que cela est possible en vue de l'exécution d'un dosage microkjeldahl, avec nesslerisation du distillat. Cette dernière méthode étant sensible à 1/1000e de milligramme près, les résultats sont notés en gammas.

Pour l'ensemencement, on a pris des souches d'*Azotobacter* isolées récemment du sol à l'état de pureté : souches locales d'*Azotobacter vinelandii* (*Souche verte*) et de *Az. agilis* (*Azomonas*). Les cultures de collection, surtout faites sur glucides, sont à éviter.

Dans toutes les expériences, la moitié du lot de plaques est soumise à la kjeldahlisation (microméthode de Pregl), aussitôt que l'aliment est consommé. L'autre moitié sert à l'extraction de l'ammoniac, au moyen de courtes distillations à basse température, répétées aussi souvent que possible, au cours de la longue suite de semaines et de mois que dure cette exhalaison. Tout simplement, on place la boîte de culture sur une plaque métallique chauffée à 38°-40°, en refroidissant le couvercle au moyen d'un vase à fond plat rempli d'eau froide et posé dessus; au bout d'un quart d'heure, la surface intérieure du couvercle apparaît couverte de gouttelettes d'eau de condensation que l'on enlève avec un peu d'eau exempte d'ammoniac, et que l'on soumet à la nesslerisation. On a soin de remplacer l'eau évaporée, de manière que la surface du gel soit toujours couverte par une mince couche d'eau. Il va sans dire que ce procédé, assez primitif, n'est pas sans conduire à des pertes, mais cette imperfection ne fait que contribuer à rendre le résultat encore plus décisif, qu'il n'apparaît d'après les chiffres obtenus.

Les exemples qui suivent suffiront pour illustrer les résultats que l'on obtient au moyen de ce procédé, si simple. Les chiffres des dosages sont réunis dans le tableau qui suit la description des quatre expériences exécutées.

1. *Aliment, éthanol absolu* 1$^{cm^3}$,0 (dose par exception trop élevée). — Solution saline standard additionnée de 0^{g},2 de carbonate de calcium et de 0^{g},2 de carbonate basique de magnésie. Ensemencé par la *Souche verte*. Tenu à l'étuve à 30° 160 jours. Extraction de l'ammoniac de temps en temps, non tous les jours, de sorte que la quantité totale obtenue ne donne aucune idée du rendement complet. Au moment où l'on interrompt l'expérience, l'exhalation est encore bien en train.

2. *Aliment, butyrate de soude* 0^{g},1. — Solution saline avec du carbonate de cal-

cium seul. Tenu à 30° 78 jours. Le pH du milieu finit par dépasser 10, de sorte qu'une partie du gel se liquéfie. On arrête l'expérience, malgré la production d'ammoniac qui dure.

3. *Aliment, butyrate de soude* $0^g,2$. — Addition de carbonates de calcium seul. Ensemencement par la *Souche verte*. Tenu à 30° 98 jours. Dégagement d'ammoniac encore en train, quand on arrête l'expérience.

4. *Aliment, éthanol absolu* $0^{cm^3},1$. — On donne du carbonate de calcium et du carbonate de magnésium à la dose de $0^g,1$ chacun. Ensemencement par *Azotobacter agilis* (*Azomonas*), souche locale. On s'applique cette fois à répéter les distillations aussi souvent que possible. L'expérience dure du 5 mai au 3 octobre, quand le dégagement est enfin épuisé.

Dosages microkjeldahl, en gammas, par plaque.

Expérience	1.	2.	3.	4.
Azote fixé	9100	1040	2100	1140
Azote ammoniacal libéré	5771	870	1496	6460
Azote fixé restant	5110	630	880	–

Il résulte donc de toutes ces expériences, même de celles qui ont été interrompues trop tôt, que la quantité d'azote dégagé sous forme d'ammoniac est toujours supérieure à la différence entre l'azote fixé initial et l'azote fixé final. Mais, où l'extraction a été poussée assez loin, comme dans l'expérience 4, le rendement en azote ammoniacal apparaît énormément supérieur à l'azote fixé par les cellules. Ce fait conduit nécessairement à la conclusion que *l'azote ammoniacal exhalé ne peut avoir que comme source l'atmosphère et non les cellules elles-mêmes*; autrement dit, qu'*il s'agit ici bel et bien d'ammoniac synthétique*.

Rappelons la théorie que nous avons avancée pour expliquer le fait de la production d'ammoniac par les végétations azotobactériennes et de sa chronicité.

D'après elle, l'assimilation de l'azote gazeux s'accomplit en deux phases, dont l'une est la synthèse de l'ammoniac, l'autre son assimilation. L'effet bien net de la magnésie, ou d'un butyrate alcalin, sur la précocité du dégagement de l'ammoniac est à considérer comme un argument en faveur de sa qualité de produit intermédiaire. Bloquée par le pH élevé, son assimilation a tendance à se ralentir, l'excès non assimilé s'échappant dans l'atmosphère ambiante. En présence du carbonate de chaux seul, le dégagement est plus tardif : il ne devient sensible que quand l'aliment commence à manquer, pour atteindre le maximum après sa disparition.

La présence de l'aliment exerce l'effet net de prévenir ou de réduire les pertes en ammoniac. Il est particulièrement démonstratif, si l'on renouvelle

la dose d'aliment dans une culture âgée, encore viable, en pleine production d'ammoniac : immédiatement l'exhalation baisse, ou disparaît entièrement.

Produit intermédiaire en présence de la matière énergétique, l'ammoniac devient donc produit stable, aussitôt que cesse la synthèse plasmique, faute d'aliment.

A la suite de ces faits, la question se pose de savoir aux dépens de quelles substances s'exerce la déshydrogénation, qui fournit l'hydrogène nécessaire à la synthèse de l'ammoniac?

On n'en voit pas d'autre que la substance des cellules elles-mêmes. En effet, dans les cultures épuisées, on voit bientôt apparaître des phénomènes d'autolyse : perte de turgescence, contours de plus en plus faibles, formes réduites et des « ombres », enfin, en une masse homogène, où les cellules ne sont plus reconnaissables.

A cet état, les cultures ne contiennent plus aucune cellule viable qui soit décelable par examen microscopique, ni par la culture, mais le dégagement de l'ammoniac reste considérable en durant de longues semaines. Il en ressort nécessairement qu'il s'agit là d'un phénomène enzymatique séparable du processus vital proprement dit des cellules.

Ce qui frappe dans ce cas, c'est le fait qu'une dose minime de substance énergétique peut donner lieu à un processus de synthèse de si longue durée et d'un rendement énormément plus important que celui de l'azote accumulé par les cellules. L'azote étant disponible en quantité illimitée, c'est évidement de la source d'hydrogène qu'il s'agit de se faire une idée du point de vue quantitatif. On peut y parvenir en se servant des données analytiques sur la composition élémentaire des cellules *Azotobacter*. En choisissant celles d'Oméliansky et Sieber (*Hoppe-Seyler's Z. f. Phys. Chem.*, 88, 1913, p. 445-459), d'après lesquelles la matière sèche des cellules contient 2,2 % d'azote et 6,4 % d'hydrogène, on prendra l'azote fixé par elles comme base de calcul, pour déterminer la quantité totale de la substance produite et la réserve en hydrogène qu'elle contient. Pour l'expérience n° 4, on trouvera, par exemple, 3321$^{\gamma}$ d'hydrogène, quantité qui pourrait suffire pour hydrogéner en ammoniac une quantité environ cinq fois plus forte d'azote. S'il en est ainsi, la quantité la plus importante d'azote ammoniacal que nous avons réussi à extraire serait encore inférieure à celle que pourrait donner la moitié de la réserve en hydrogène que contenait la substance des *Azotobacter*.

Il en résulte que la synthèse de l'ammoniac peut marcher dans un milieu

minéral aux dépens de très faibles doses de substances organiques de constitution simple telles que l'éthanol, ou les sels d'acides gras, et cela en accumulant par une action lente, mais incessante un rendement relativement important d'ammoniac synthétique.

C'est ce qui a lieu dans le sol, milieu parfaitement comparable au point de vue oecologique à nos plaques.

C'est ce qui a lieu également dans les eaux, où ce sont les *Azomonades* (syn. *Azotobacter agilis*), espèces exclusivement aquatiques, qui s'en chargent.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur un cas où un corps pesant tournant, consistant en un noyau solide entouré d'une masse liquide, est en équilibre relatif stable.* Note [1] de M. **Georges Giraud**.

Le but de cette Note est de montrer par un exemple que, par rapport à des axes animés d'une rotation uniforme, l'équilibre d'un corps pesant, consistant en un noyau solide entouré d'une masse liquide, est stable dans certains cas [2].

Il sera fait usage de la propriété suivante, qui peut être déduite de l'expression du champ newtonien d'un ellipsoïde homogène : tout ellipsoïde matériel dans lequel la densité est constante sur toute surface ellipsoïdale homofocale à la surface extérieure, a même champ newtonien dans la région extérieure qu'un ellipsoïde homogène de même masse totale et qui occuperait la même région de l'espace.

Donnons-nous une masse M_1 d'un solide homogène de densité ρ_1 et une masse M_2 d'un liquide homogène de densité ρ_2. La masse totale M et la densité moyenne ρ en résultent. Considérons un ellipsoïde de Maclaurin ou de Jacobi, dont la masse est M et la densité est ρ; soit ω sa vitesse angulaire. Remplaçons-le par un ellipsoïde qui occupe la même région de l'espace et qui est animé de la même vitesse angulaire; mais cet ellipsoïde est formé de la masse liquide et de la masse solide données, disposées de façon que le liquide entoure le solide et que la surface de séparation soit ellipsoïdale et homofocale à la surface libre. Les conditions d'équilibre relatif sont alors satisfaites.

(1) Séance du 16 octobre 1939.

(2) Question soulevée par M. Marcel Brillouin (*Comptes rendus*, 207, 1938, p. 816 à 819).

Considérons seulement le cas où la surface libre est de révolution; soit $\sin u$ l'excentricité de sa méridienne $(0 < u < \pi/2)$. Nous allons voir que, *si ρ_1 est $> \rho_2$ et que u soit assez petit, l'équilibre relatif est séculairement stable.*

Pour cela, nous recourons au théorème de Lejeune-Dirichlet. Choisissons les unités de façon que la constante k de l'attraction newtonienne $kmm'r^{-2}$ soit $1/(4\pi)$. Soit h la demi-distance focale de la méridienne de la surface libre. Par rapport à un trièdre triorthogonal $Oxyz$, animé d'une rotation uniforme autour de Oz avec la vitesse angulaire ω, les coordonnées d'un point courant de cette surface sont

$$x = \frac{h \sin\theta \cos\varphi}{\sin u}, \qquad y = \frac{h \sin\theta \sin\varphi}{\sin u}, \qquad z = h \cot u \cos\theta \qquad (0 \leq \theta \leq \pi).$$

Soit $d\sigma$ l'élément d'aire de cette surface; posons

$$lh^2 \sqrt{1 - \sin^2\theta \sin^2 u} = \sin^2 u,$$

de sorte qu'on a $l\, d\sigma = \sin\theta\, d(\theta, \varphi)$. Soient

$$f_{n,p}(z) = k_{n,p} \frac{d^{n+p}(1 - z^2)^n}{dz^{n+p}},$$

$$C_{n,p} = f_{n,p}(\cos\theta) \sin^p\theta \cos(p\varphi), \qquad S_{n,p} = f_{n,p}(\cos\theta) \sin^p\theta \sin(p\varphi);$$

les constantes $k_{n,p}$ sont choisies de façon qu'on ait

$$\int^{(2)} C_{n,p}^2\, l\, d\sigma = 1 \qquad \text{et} \qquad f_{n,p}(1) > 0.$$

Soit enfin

$$H_{n,p} = \frac{f_{n,p}^2(i \cot u)}{\sin^{2p} u} \int_0^u \frac{\sin^{2p} t\, dt}{f_{n,p}^2(i \cot t)} \qquad (i^2 = -1);$$

les $H_{n,p}$ sont tous réels et positifs. Soit $F(\theta, \varphi)$ une fonction continue d'un point de l'ellipsoïde; on pose

$$\alpha_{n,p} = \int^{(2)} F C_{n,p}\, l\, d\sigma \qquad \text{et} \qquad \beta_{n,p} = \int^{(2)} F S_{n,p}\, l\, d\sigma,$$

et l'on suppose $\alpha_{0,0} = 0$. Sur chaque normale à l'ellipsoïde, positivement vers l'extérieur, on porte une longueur $Fl + A$, où A est une constante choisie de façon que la surface obtenue enferme un volume équivalent à celui de l'ellipsoïde; si alors F est le produit d'une fonction fixe par un infiniment petit $\varkappa$, $A\varkappa^{-2}$ est borné. On déformera le système matériel donné de façon que la nouvelle surface libre soit celle qui vient d'être définie, et

que le noyau solide vienne dans une nouvelle position qui va être définie. Soit $O'x'y'z'$ un trièdre lié au noyau et qui, avant la déformation, coïncide avec $Oxyz$; après la déformation, soient p_1, p_2 et p_3 les coordonnées de O' et soient, en négligeant les infiniment petits du second ordre, $(1, p_6, -p_5)$ les cosinus directeurs de $O'x'$, $(-p_6, 1, p_4)$ ceux de $O'y'$ et $(p_5, -p_4, 1)$ ceux de $O'z'$; les p_ν $(\nu = 1, \ldots, 6)$ sont regardés comme infiniment petits et éventuellement comme étant les produits de quantités fixes par $\varkappa$. Il faut que le centre de gravité du système déformé soit O : cela entraîne

$$p_1 : p_2 : p_3 : -\rho_2\sqrt{3}\sin^2 u :: \alpha_{1,1} : \beta_{1,1} : \alpha_{1,0}\cos u : 2\sqrt{\pi}(\rho - \rho_2)h^2 \cos u.$$

Les particules du système déformé pourront avoir des vitesses initiales non nulles par rapport à $Oxyz$. L'énergie qu'il faut fournir au système donné pour l'amener dans cet état se compose de l'énergie cinétique due aux vitesses relatives à $Oxyz$, et d'un terme qui, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur au second, est

$$\begin{aligned} &\frac{2\pi}{3}\frac{\rho^2(\rho-\rho_2)}{\rho_2}\frac{H_{1,0}h^3}{\sin^4 u}[(p_1^2+p_2^2)\cos^2 u + p_3^2] - 2\sqrt{\frac{\pi}{15}}\rho_2(\rho-\rho_2)\frac{H_{2,1}h^2}{\sin u}(\beta_{2,1}p_4 - \alpha_{2,1}p_5) \\ &+ \frac{2\pi}{15}\frac{\rho-\rho_2}{\sin^4 u}[(\rho-\rho_2)(H_{1,1}-H_{1,0})\cos^2 u + \rho_2 H_{1,0}\sin^2 u]h^5(p_4^2+p_5^2) \\ &+ \rho_2\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{p=0}^{n}\frac{\rho H_{1,0} - \rho_2 H_{n,p}}{2h}(\alpha_{n,p}^2 + \beta_{n,p}^2); \end{aligned}$$

p_6 ne figure pas ici, pour une raison évidente. Dans cette expression, l'ensemble des termes où figurent les $p_\nu (\nu \leq 5)$, $\alpha_{2,1}$ et $\beta_{2,1}$, est une forme quadratique qui est définie et positive quel que soit u. Il faut examiner les signes des autres termes. Les résultats suivants sont valables pour $\rho \geq \rho_2$: quand $n - p$ est impair, $\rho H_{1,0} - \rho_2 H_{n,p}$ est positif quel que soit u; quand $n - p$ est pair, $\rho H_{1,0} - \rho_2 H_{n,p}$ est positif pour u assez petit, et négatif pour u assez voisin de $\pi/2$, et s'annule une seule fois dans l'intervalle; par rapport à ρ, la fonction u ainsi définie est croissante; si n ou p varie de façon que $n - p$ reste pair et ≥ 0, cette fonction est croissante par rapport à n et décroissante par rapport à p; enfin si l'on remplace p par $n - 2q$ et qu'on laisse q constant, cette fonction u est croissante par rapport à n. Il en résulte que, ρ et ρ_2 étant fixes, c'est pour $n = p = 2$ que cette fonction u est minimum, et elle est toujours supérieure à sa limite pour $\rho = \rho_2$, elle-même $>$ arc tg 1,394. Il est alors possible de démontrer que, *u ayant une valeur fixe telle que $\rho H_{1,0} - \rho_2 H_{2,2}$ soit positif, l'énergie en question est positive et non nulle quels que soient F et les p_ν, pourvu seulement que le maxi-*

mum de $|F|$ *et tous les* $|p_\nu|$ $(\nu \leq 5)$ *soient assez petits et non tous nuls.* Il y a donc bien stabilité séculaire quand u est ainsi choisi, si du moins l'analogie avec les systèmes de corps solides est valable ici.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la totalisation par rapport à une fonction à variation bornée généralisée.* Note [1] de M. **J. Ridder** [2], présentée par M. Émile Borel.

Définition 1. — Considérons sur un ensemble borné $\mathcal{E}$ deux fonctions finies, $\mathcal{F}(x)$ et $\alpha(x)$, où $\alpha(x)$ est en outre *monotone non-décroissante.* Alors $\mathcal{F}(x)$ est dite *absolument continue sur* $\mathcal{E}$ *par rapport à* $\alpha(x)$ si, quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe un $\eta > 0$ tel que pour toute suite finie d'intervalles, $\{(a_i, b_i)\}$, n'empiétant pas les uns sur les autres, et dont $\mathcal{E}$ contient les extrémités,

$$\sum_{(i)} \{\alpha(b_i) - \alpha(a_i)\} < \eta \quad \text{entraîne} \quad \sum_{(i)} |\mathcal{F}(b_i) - \mathcal{F}(a_i)| < \varepsilon.$$

Définition 2. — La fonction $\alpha(x)$ sera dite *à variation bornée généralisée dans le segment* (a, b) ou, en abrégé, *fonction* (VBG) *dans* (a, b), lorsque (a, b) est la somme d'un ensemble dénombrable $\mathcal{A}$ (qui peut être vide) et d'une suite finie ou dénombrable d'ensembles parfaits $(\mathcal{P}_j)$ [3] telle que $\alpha(x)$ est à variation bornée sur chaque $\mathcal{P}_j$.

Définition 3. — La fonction finie $\mathcal{F}(x)$ sera dite *absolument continue dans* (a, b) *au sens généralisé par rapport à une fonction* $\alpha(x)$, *qui est* (VBG) *dans* (a, b) ou, en abrégé, *fonction* (ACG) *dans* (a, b) *par rapport à cette même fonction* $\alpha(x)$, lorsque (a, b) est la somme d'un ensemble dénombrable $\mathcal{A}$ (qui peut être vide) et d'une suite finie ou dénombrable d'ensembles parfaits $(\mathcal{P}_j)$ [3] telle que $\alpha(x)$ est à variation bornée sur chaque $\mathcal{P}_j$ et que la fonction $\mathcal{F}(x)$ est absolument continue sur ce $\mathcal{P}_j$ par

---

[1] Séance du 16 octobre 1939.

[2] On peut comparer les définitions et théorèmes de cette Note avec des définitions et théorèmes de la théorie de la totalisation (ordinaire) dans le livre de M. S. Saks, *Theorie of the Integral*, sec. ed., 1937, Chapters VII and IX.

[3] Les ensembles parfaits ne sont pas nécessairement disjoints deux à deux.

rapport à la fonction

$$\mathcal{U}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}(x) = \mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}(x) + \sum_{\substack{a \\ (n)}}^{x} \{ b_n^{(j)} - a_n^{(j)} \} + \{ x - a_{n(x)}^{(j)} \};$$

$\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}(x)$ est la variation totale dans (a, x) de la fonction $\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)$, qui coïncide avec $\alpha(x)$ dans a et b et dans les points de $\mathfrak{T}_j$, et qui est linéaire dans les segments $(a_n^{(j)}, b_n^{(j)})$ de (a, b), contigus à $\mathfrak{T}_j$, tandis que le dernier terme du second membre apparaît seulement lorsque x est contenu dans un intervalle contigu.

Définition 4. — Une fonction $\mathcal{F}(x)$ remplit *la condition* $(\mathfrak{N}_{\alpha(x)})$ *dans le segment* (a, b), *où* $\alpha(x)$ *est* (VBG), si l'on a $(a, b) = \mathfrak{A} + \sum_{j=1}^{\infty} \mathfrak{T}_j$ (3), avec $\mathfrak{A}$ dénombrable (et éventuellement vide), chaque $\mathfrak{T}_j$ parfait et $\alpha(x)$ à variation bornée sur chaque $\mathfrak{T}_j$, et si pour tout sous-ensemble E_j d'un ensemble $\mathfrak{T}_j (j = 1, 2, \ldots)$, avec la mesure lebesguienne, $m_{\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}}(E^j)$, par rapport à $\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}(x)$ (4) égale à zéro, l'ensemble des valeurs $\mathcal{F}(E_j)$, prises par $\mathcal{F}(x)$ dans les points de E_j, a une mesure lebesguienne (ordinaire), $m[\mathcal{F}(E_j)]$, égale à zéro.

Théorème I. — *Toute fonction* $\mathcal{F}(x)$, (ACG) *dans* (a, b) *par rapport à une fonction* $\alpha(x)$, *qui est elle-même* (VBG) *dans* (a, b), *remplit la condition* $(\mathfrak{N}_{\alpha(x)})$ *dans* (a, b).

Définition 5. — Considérons deux fonctions finies $\mathcal{F}(x)$ et $\alpha(x)$, définies sur un ensemble $\mathfrak{T}$, qui contient ξ et dont ξ est un point d'accumulation à droite. Si pour tout $h > 0$ l'intervalle $[\xi, \xi + h]$ contient des points (x) de $\mathfrak{T}$ avec $\alpha(x) > \alpha(\xi)$, alors

$$\underline{\mathcal{D}}^{(\mathfrak{T})}_{\alpha(x); d_1} \mathcal{F}(\xi) = \liminf_{\substack{x \to \xi;\, x \in \mathfrak{T}; \\ x > \xi;\, \alpha(x) > \alpha(\xi)}} \frac{\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(\xi)}{\alpha(x) - \alpha(\xi)}$$

définira dans ξ *le dérivé inférieur à droite de* $\mathcal{F}(x)$ *sur* $\mathfrak{T}$, *de première sorte par rapport à* $\alpha(x)$.

Si pour tout $h > 0$ $[\xi, \xi + h]$ contient des points (x) de $\mathfrak{T}$ avec $\alpha(x) < \alpha(\xi)$, alors

$$\underline{\mathcal{D}}^{(\mathfrak{T})}_{\alpha(x); d_2} \mathcal{F}(\xi) = \liminf_{\substack{x \to \xi;\, x \in \mathfrak{T}; \\ x > \xi;\, \alpha(x) < \alpha(\xi)}} \frac{\mathcal{F}(x) - \mathcal{F}(\xi)}{\alpha(x) - \alpha(\xi)}$$

définira dans ξ *le dérivé inférieur à droite de* $\mathcal{F}(x)$ *sur* $\mathfrak{T}$, *de seconde sorte par rapport à* $\alpha(x)$.

(4) Voir la définition 3 pour la signification de $\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{T}_j}(x)}$.

D'une manière analogue on peut définir dans ξ *les dérivés supérieurs à droite de* $\mathcal{F}(x)$ *sur* $\mathfrak{P}$, *de première et de seconde sorte par rapport à* $\alpha(x)$, $\overline{\mathcal{D}}_{\alpha(x);d_1}\mathcal{F}(\xi)$ resp. $\overline{\mathcal{D}}_{\alpha(x);d_2}\mathcal{F}(\xi)$.

Si ξ appartient à $\mathfrak{P}$ et en est un point d'accumulation à gauche et si pour tout $h>0$ l'intervalle $[\xi-h, \xi]$ contient des points (x) de $\mathfrak{P}$ avec $\alpha(x)\neq\alpha(\xi)$, on peut définir dans ξ *deux ou quatre dérivés extrêmes à gauche de* $\mathcal{F}(x)$ *sur* $\mathfrak{P}$, *de première ou (et) de seconde sorte par rapport à* $\alpha(x)$ [5].

Lemme. — Si $\alpha(x)$ est à variation bornée sur l'ensemble parfait $\mathfrak{P}$, situé dans (a, b) et si la fonction finie $\mathcal{F}(x)$, définie pour les points de $\mathfrak{P}$, satisfait aux conditions : 1° dans les points d'un ensemble $\mathcal{E}\subseteqq\mathfrak{P}$ les dérivées extrêmes $\underline{\mathcal{D}}^{(\mathfrak{P})}_{\alpha(x);d_1}\mathcal{F}(x)$ et $\overline{\mathcal{D}}^{(\mathfrak{P})}_{\alpha(x);d_2}\mathcal{F}(x)$ (s'ils existent) sont inférieurs en valeur absolue à un nombre fixe $\mathfrak{M}$; 2° pour tout point ξ de $\mathcal{E}$, qui est un point d'accumulation à droite de $\mathfrak{P}$, il existe un nombre positif $h(x)$ tel que $x\,\varepsilon\,\mathfrak{P}[\xi, \xi+h(\xi)]$ et $\alpha(x)=\alpha(\xi)$ entraîne $\mathcal{F}(x)=\mathcal{F}(\xi)$, alors la mesure extérieure de l'ensemble $\mathcal{F}(\mathcal{E})$ des valeurs prises par $\mathcal{F}(x)$ dans les points de $\mathcal{E}$ satisfait à l'inégalité $\overline{m}[\mathcal{F}(\mathcal{E})]\leqq\mathcal{J}\mathfrak{M}\,\overline{m}_{\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{P}}}(x)}(\mathcal{E})$ [6].

Ce lemme permet d'étendre le théorème I; nous obtenons le

Théorème II. — *Soient* $\mathcal{F}(x)$ *et* $\alpha(x)$ *deux fonctions* (VBG) *dans* (a, b). *En tout point* ξ *de discontinuité de* $\alpha(x)$ *soit donné un nombre fini* $\mathfrak{A}(\xi)$ *tel que*

$$\lim_{x\succ\xi}[\mathcal{F}(x)-\mathcal{F}(\xi)-\mathfrak{A}(\xi)\{\alpha(x)-\alpha(\xi)\}]=0;$$

en tout autre point de (a, b) $\mathcal{F}(x)$ *soit continue. Alors pour que* $\mathcal{F}(x)$ *soit* (ACG) *par rapport à* $\alpha(x)$ *dans* (a, b), *il faut et il suffit qu'elle y possède la propriété* $(\mathfrak{N}_{\alpha(x)})$.

---

(5) Pour les dérivés de *première* sorte on prendra des points (x) de $\mathfrak{P}$ avec $x<\xi$ et $\alpha(x)<\alpha(\xi)$.

(6) $\overline{m}$ et $\overline{m}_{\varphi(x)}$ désignent respectivement la mesure extérieure ordinaire et la mesure extérieure par rapport à $\varphi(x)$. Comparer la définition 3 pour la signification de $\mathcal{V}_{\alpha_{\mathfrak{P}}(x)}$. La conclusion reste la même si l'on remplace la condition 1° par la condition moins stricte : dans les points de $\mathcal{E}$ $\liminf\limits_{\substack{x\succ\xi;\, x\,\varepsilon\,\mathfrak{P}\\ x<\xi;\ \alpha(x)\neq\alpha(x)}}[\mathcal{F}(x)-\mathcal{F}(\xi)/|\alpha(x)-\alpha(\xi)|]$ reste inférieur en valeur absolue à un nombre fixe $\mathfrak{M}$.

HYDRAULIQUE. — *Sur la similitude des phénomènes d'entraînement d'air par l'eau en mouvement.* Note ([1]) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

L'observation directe montre que l'entraînement d'air ne présente pas en général des aspects semblables sur un ouvrage et sur son modèle réduit; nous avons eu l'occasion de préciser ce point, au cours de nos études sur les vortex ([2]) et les évacuateurs de crues à galerie souterraine ([3]).

Dans la présente Note, nous allons montrer que la similitude des phénomènes d'entraînement d'air est théoriquement impossible, dans les systèmes comportant une surface libre soumise à la pression atmosphérique, même si l'on suppose l'agitation de turbulence suffisante pour éliminer toute perturbation due à la viscosité, et si l'on ne fait pas entrer en ligne de compte la tension superficielle : l'existence de la similitude exigerait d'effectuer les essais en maintenant sur la surface libre du modèle à l'échelle $1/\lambda$ une pression réduite dans le rapport $1/\lambda$ vis-à-vis de la pression atmosphérique, condition analogue à celle qui doit être respectée pour la similitude des phénomènes de cavitation dans les systèmes à surface libre.

Considérons en effet une poche d'air de volume W_{01} qui se forme en un point donné M_{01} de la surface libre du modèle réduit, et soit H_{01} la pression absolue qui règne en ce point, exprimée en hauteur d'eau; à un instant postérieur, cette masse d'air a été entraînée par le courant d'eau en un point M_1, situé à l'intérieur de la masse liquide où elle occupe un volume W_1, sous la pression absolue H_1. Quels que soient les échanges de chaleur ou les variations de température, on peut toujours écrire, γ étant un exposant égal ou supérieur à l'unité,

$$H_{01} W_{01}^{\gamma} = H_1 W_1^{\gamma}.$$

Soient W_{02}, H_{02}, W_2, H_2, les quantités homologues intervenant dans l'ouvrage réel aux points M_{02} et M_2, respectivement homothétiques de M_{01} et M_1 ; on a

$$H_{02} W_{02}^{\gamma} = H_2 W_2^{\gamma},$$

([1]) Séance du 16 octobre 1939.

([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1048.

([3]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 213.

et, par suite,

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{W_{02}}{W_{01}}\left[\frac{H_{02}}{H_{01}}\frac{H_1}{H_2}\right]^{\frac{1}{\gamma}}.$$

Pour qu'il y ait similitude, il faut avoir

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{W_{02}}{W_{01}} \quad \text{et donc} \quad \frac{H_{02}}{H_{01}} = \frac{H_2}{H_1} = \lambda,$$

puisque, d'après les lois relatives aux systèmes à surface libre, le rapport des pressions H_2 et H_1 doit être égal à λ.

Les pressions H_{02} et H_{01}, régnant sur les deux surfaces libres, devraient donc être dans le rapport λ pour permettre l'existence de la similitude; c'est le résultat énoncé au début de cette Note.

Dans la technique habituelle des essais sur modèles réduits avec surface libre en contact avec l'atmosphère, on a, H_a désignant la pression atmosphérique

$$H_{02} = H_{01} = H_a,$$
$$H_1 = H_a + h_1,$$
$$H_2 = H_a + h_2 = H_a + \lambda h_1,$$

h_1 et h_2 étant les pressions en hauteur d'eau en M_1 et M_2, comptées au-dessus de la pression atmosphérique.

On a donc

$$\frac{W_2}{W_{02}} = \frac{W_1}{W_{01}}\left[\frac{H_a + h_1}{H_a + \lambda h_1}\right]^{\frac{1}{\gamma}} < \frac{W_1}{W_{01}}.$$

La similitude n'existe pas : la réduction de volume de l'air entraîné est relativement plus grande dans la réalité que dans le modèle, la différence étant d'autant plus grande que la pression h_1 est elle-même plus forte, c'est-à-dire d'autant plus grande que l'air se trouve entraîné à une profondeur plus notable.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur la valeur absolue du module piézoélectrique principal du quartz.* Note de M. **André Langevin**, présentée par M. Paul Langevin.

L'examen des chiffres donnés par les différents auteurs pour la valeur du module piézoélectrique δ du quartz, résultats variant entre $4,94 \cdot 10^{-8}$ c.g.s. et $7,18 \cdot 10^{-8}$, m'a conduit à reprendre cette mesure.

J'ai d'abord essayé de dégager la cause des divergences entre les résultats. Deux hypothèses se présentent; ou bien on suppose que le module piézoélectrique du quartz n'est pas une constante physique, et il est naturel de constater des variations d'un échantillon à l'autre, ou bien on admet que ce module est une constante comme les autres grandeurs physiques du quartz (constantes optiques et mécaniques), et il faut alors rechercher la cause des divergences.

Ayant choisi la seconde hypothèse qui m'apparaissait s'imposer, j'ai recherché la cause d'erreur, non pas dans la voie d'une erreur expérimentale accidentelle, hypothèse *a priori* à rejeter étant donné la qualité incontestée de la plupart des auteurs, mais plutôt dans le sens d'une mauvaise qualité possible des lames de quartz qui avaient été utilisées.

En fait, jusqu'à ces dernières années, les lames de quartz étaient directement fournies aux laboratoires par des opticiens spécialisés. Ces lames n'étaient contrôlées que par des méthodes optiques; or il existe dans les cristaux de quartz des macles à axes optiques parallèles très gênantes au point de vue piézoélectrique, puisqu'elles correspondent à des associations de cristaux à axes électriques opposés. Ces macles ne pouvant être décelées par les méthodes optiques, il était donc possible que de telles macles soient présentes au sein des lames utilisées.

De plus, l'importance des macles non décelées pouvant être différente d'une lame à l'autre, les divergences entre les résultats se trouvaient expliquées.

Pour vérifier l'exactitude de cette explication, il fallait :

1° montrer que les lames de quartz utilisées autrefois possédaient *généralement* des macles à axe optique parallèle;

2° utiliser une méthode permettant d'obtenir des lames plus pures, exemptes de macles de tous les genres;

3° mesurer le module avec des lames plus pures.

Pour montrer que les lames utilisées précédemment étaient vraisemblablement maclées, nous n'avons pu faire mieux que d'examiner par la méthode des figures de corrosion artificielles (méthode due à Daniel et utilisée par les minéralogistes depuis 1816) des lames de l'Institut du Radium et des différents laboratoires de l'École de Physique et Chimie.

En particulier, Mlle Chamié a bien voulu me confier plusieurs des anciennes lames du laboratoire Curie, lames qui sont numérotées et classées depuis l'époque où Curie a étudié pour la première fois la piézoélectricité du quartz.

Les résultats obtenus avec les lames des autres laboratoires étant tout à fait analogues, nous nous contenterons d'indiquer à titre d'exemple les résultats obtenus avec les lames de l'Institut du Radium.

Numéro de la lame.	Longueur utile (en cm) (armature).	Valeur obtenue par moi-même. Quantité d'électricité par kg.	$\mathfrak{I}.10^8$.	Valeur obtenue par Mlle Chamié. Quantité d'électricité par kg.	$\mathfrak{I}.10^8$.
14......	5,4	5,50	6,67	5,377	6,54
15......	9,2	10,024	6,7	10,04	6,7
26......	8,75	9,4	6,92	9,38	6,90
34......	4,18	3,75	5,675	3,822	5,77

On remarquera que les résultats obtenus des deux côtés avec les mêmes lames sont assez concordants, bien qu'obtenus par des méthodes différentes.

La lame n° 34, donnant une valeur du module particulièrement faible, a été démontée et attaquée à l'acide fluorhydrique pendant 3 heures; l'examen des figures de corrosion artificielles ainsi obtenues montre l'existence d'une macle à axe optique parallèle de dimensions importantes.

Cette lame ayant été retaillée de façon à supprimer cette macle, la mesure du module donne alors $6,83.10^{-8}$ c.g.s. au lieu de $5,77.10^{-8}$; ce qui montre que l'anomalie constatée était bien due à la présence de cette macle; nous avons procédé de même avec d'autres lames et la conclusion a été chaque fois la même.

Il semble donc que l'on puisse considérer que les lames donnant une valeur trop faible du module sont maclées.

Il restait enfin à déterminer, sur des lames ne présentant aucune macle visible avec nos moyens d'investigations actuels, la valeur plus approchée du module piézoélectrique du quartz.

Les lames non maclées que j'ai étudiées se classent en deux catégories; les unes ont été examinées par moi, les autres ont été contrôlées et taillées sous la direction de M. Tournier. Ces dernières lames sont taillées avec une grande précision.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Nature de la lame.	Longueur utile (en cm).	Épaisseur.	Quantité d'électricité par kg.	$\delta.10^{+8}$.
Contrôlée par mes soins.	5	0,12	2,90	7.10
	4,9	0,045	7,57	7.10
Contrôlée par M. Tournier.	5,37	0,1	3,70	7,01
	5,35	0,1	3,675	7,007
	5,4	0,1	3,70	6,995
	5,375	0,1	3,717	7,065

Il semble donc qu'on puisse en conclure qu'une lame pure donne une valeur du module légèrement supérieure à 7.10^{-8} c.g.s. et que le module piézoélectrique du quartz pur paraît être une véritable constante physique, si l'on tient compte de l'imperfection des méthodes de contrôle actuelles des lames, qui laissent nécessairement subsister à l'intérieur même de la lame une quantité variable de macles de très petites dimensions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mutation* trans-cis *de quelques complexes cobaltiques*. Note de M. **Jules Brüll**, présentée par M. Paul Lebeau.

De nombreuses mutations *trans-cis* accompagnant des réactions de substitution ont été signalées par Werner ([1]) dans la série des cobaltidiéthylènediamines, mais, d'après les indications de Jœrgensen ([2]), la transposition directe du dérivé *trans* en son isomère *cis* paraît possible.

Nous nous sommes proposé d'étudier cette mutation pour quelques complexes tels que les dérivés dichloro, dibromo, chloroaquo etc. de diéthylènediamine.

Les spectres d'absorption dans le visible des composés *trans* et *cis* sont nettement différents les uns des autres. Le *trans* $[Co\,en^2Cl^2]Cl$ par exemple donne entre 510^{μ} et 546^{μ} un minimum d'absorption et le *cis* un maximum. La mesure de cette absorption doit donc permettre de suivre aisément la transformation envisagée.

Une difficulté considérable dans l'étude de la mutation est qu'il s'y superpose une hydratation du sel. Les sels neutres et les acides diminuent sensiblement la vitesse de cette réaction ([3]); c'est pourquoi nous avons

([1]) *Annalen der Chemie*, 54, 1912, p. 386.
([2]) *Journ. pr. Chemie*, [2e série], 41, 1890, p. 448.
([3]) Brüll, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 349.

travaillé en présence de KBr, KCl, ou KBr, HCl en proportion de 0,15 mol-g pour 0,01 mol-g de complexe.

Nous avons laissé évoluer la solution en déterminant de temps en temps son spectre d'absorption; pendant ces observations l'hydratation, mesurée par conductivité, était négligeable. Les spectres observés sont identiques à ceux que l'on obtient en employant des mélanges synthétiques des deux dérivés.

La détermination quantitative des composants en solution a été faite au moyen d'une courbe d'étalonnage. En mesurant pour une longueur d'onde déterminée le coefficient d'absorption des solutions synthétiques et en portant ces valeurs sur un graphique en fonction de la proportion des deux constituants on obtient une droite, ce qui est d'ailleurs la preuve de l'additivité de l'absorption. Si donc, au cours de l'évolution, on trouve un certain coefficient d'absorption, on en déduit par examen de la droite la proportion des deux isomères.

On constate ainsi que la réaction de transposition est monomoléculaire. L'ordre de cette réaction est d'ailleurs conservé si l'on fait varier de 0,15 à 0,5 mol-g pour 0,01 mol-g de *trans* la proportion de l'acide ou du sel ajouté (¹).

Il s'agit donc bien d'une réaction intramoléculaire spontanée indépendante de la concentration en cation ou en anion.

Les constantes de vitesse, calculées à partir de l'équation $k = 1/t \log c_0/c_t$, pour la température de 18° et pour la concentration de 0,01 mol-g, sont :

$[Co\,en^2Cl^2]^{\cdot}$ (*trans*) → $[Co\,en^2Cl^2]^{\cdot}$ (*cis*) .... $1,69.10^{-4}$

$[Co\,en^2Br^2]^{\cdot}$ (*trans*) → $[Co\,en^2Br^2]^{\cdot}$ (*cis*) .... $7,82.10^{-4}$

$[Co\,en^2Cl\,H^2O]^{\cdot\cdot}$ (*trans*) → $[Co\,en^2Cl\,H^2O]^{\cdot\cdot}$ (*cis*) .... $6,66.10^{-4}$

Nous avons constaté d'autre part que les isomères *trans* de

$[Co\,en^2(NH^3)^2]^{\cdot\cdot\cdot}$, $[Co\,en^2H^2O\,NH^3]^{\cdot\cdot\cdot}$ et $[Co\,en^2Cl\,NH^3]^{\cdot\cdot\cdot}$

ne se transforment pas.

Par contre l'ion $[Co\,en^2(H^2O)^2]^{\cdot\cdot\cdot}$ se transforme très vite et la réaction est fortement influencée pour les acides.

(¹) Dans le cas d'un chlorure complexe, on ajoute toujours un bromure neutre ou acide et vice versa.

Voici les constantes de vitesse à 18° :

	Sans acide.	Mol/g HBr 0,002.	0,003.
$[\text{Coen}^2(\text{H}^2\text{O})^2]^{\cdots}_{trans} \rightarrow [\text{Coen}^2(\text{H}^2\text{O})^2]^{\cdots}_{cis}$ ...	$4,73.10^{-3}$	$1,60.10^{-3}$	$9,50.10^{-4}$

Pour expliquer l'influence des acides sur la transformation des dihydrines on pourrait admettre qu'il s'agit ici de la substitution d'une molécule d'eau libre à une molécule d'eau liée à la covalence, substitution au cours de laquelle s'accomplirait la mutation. Cette substitution des molécules d'eau peut être assimilée à une hydratation qui, suivant les études déjà faites, est sensible à l'action des acides.

GÉOLOGIE. — *Structure de la troisième écaille, dans la chaîne de Montbrison (Briançonnais).* Note de M. **Jean Goguel**, présentée par M. François Grandjean.

J'ai étudié récemment les montagnes entre Briançon et Vallouise, décrites jadis par Pierre Termier (¹). Bien que je n'aie pu effectuer certaines excursions complémentaires, ni procéder à l'étude micrographique des échantillons recueillis, il me paraît utile d'indiquer dès maintenant les résultats obtenus.

Dans la région située au sud des terrains cristallins de la quatrième écaille, Termier distinguait deux séries en superposition anormale, la deuxième et la troisième écaille. Il n'y a presque rien à changer à la description de cette unité supérieure, qui forme l'extrême sommet de la Tête d'Amont et du Pic de Montbrison, toute la partie supérieure du Sablier (sur le flanc ouest duquel un redoublement, sans doute local, a emprisonné une très mince bande de marbres en plaquettes d'une unité inférieure, entre deux masses de calcaire triasique appartenant toutes deux à la troisième écaille), et la masse entière de Rocher-Bouchard et de la Condamine.

Dans l'ensemble, les terrains qui constituent la troisième écaille présentent une allure assez régulière, et sont peu inclinés; les replis sont rares; en dehors de la duplicature mentionnée ci-dessus, on ne peut guère citer que le gros anticlinal de Rocher-Bouchard, et le synclinal couché de Serre-Groselière.

(¹) *Les montagnes entre Briançon et Vallouise* (*Mém. Carte Géol.*, Paris, 1903).

Dans la vallée des Combes, à l'Est de la Condamine, on saisit nettement les rapports entre la troisième écaille et son substratum. Sous le calcaire triasique de la troisième écaille, on observe une bande à peu près continue de quartzites du Trias, et, plus à l'Est, de Houiller et de Permien broyés. Sous cette bande, on trouve une unité inférieure (deuxième écaille), représentée par du flysch reposant directement sur une barre de calcaire triasique. Juste en amont du hameau des Combes, la bande de quartzites et de Houiller se raccorde à un volumineux anticlinal des mêmes terrains, anticlinal déversé à l'Ouest, et qui limite l'extension de l'unité inférieure. Il s'agit là très vraisemblablement de la racine de la troisième écaille. Le premier anticlinal qui a pris naissance affectait aussi bien les terrains siliceux (Houiller, Permien, quartzites du Trias) que les terrains calcaires. Mais ensuite cette couverture calcaire, tectoniquement beaucoup plus plastique, a été décollée et s'est avancée de plusieurs kilomètres, en n'entraînant à sa base que des copeaux de son substratum siliceux.

A vrai dire, s'il n'a pas été entraîné dans son ensemble, l'anticlinal de terrains siliceux a été fracturé vers l'Ouest en un certain nombre de coins. Entre deux de ceux-ci, et sous la bande de terrains siliceux, on retrouve, au Sud du Rocher-Blanc, un lambeau de la brèche de base des marbres en plaquettes, renversée mais en contact stratigraphique normal avec une masse de calcaire triasique. Cette transgression, et celle signalée ci-dessus du flysch sur le calcaire triasique, soulignent le caractère constamment anticlinal de la zone suivant laquelle s'est produite la rupture.

A l'Est de cet axe anticlinal, les lambeaux synclinaux de calcaire triasique de la Ratière et de Puy-Chalvin, et ceux de Notre-Dame-des-Neiges, ne peuvent plus être rattachés à une écaille déterminée. Ils représentent la couverture normale du Houiller de Briançon, dans une région sans duplicature.

Vers le Sud, l'axe anticlinal siliceux des Combes, redressé ou parfois déversé à l'Est, forme le versant oriental de la crête d'Aquila ; il est complètement séparé par l'érosion des lambeaux de la troisième écaille cités ci-dessus. Dans l'intervalle, on observe des terrains qui doivent être rapportés à la deuxième écaille. Sur le versant Ouest de la crête d'Aquila, ce sont des calcaires du Trias, du Dogger et du Malm, avec un peu de flysch, très disloqués et interrompus par des lambeaux de quartzites, qui jouent un rôle analogue aux coins qui accidentent le versant Ouest de l'anticlinal des Combes. On peut interpréter de même, ou comme base de la troisième écaille (Termier), les lambeaux de quartzites qui forment le pied est du

Sablier. Abstraction faite de ces lambeaux, la deuxième écaille est représentée, au Sud de Rocher-Bouchard, par une bande à peu près continue de Malm (à l'Ouest) et de Dogger, qui se complète, dans la crête des Chalanches, et surtout aux Tenailles, par une épaisse série de calcaire triasique. Toutefois, il est impossible de rapporter à la deuxième écaille tous les calcaires triasiques de ce versant. En particulier, au pied du Pic de Montbrison, de gros bancs dessinent un synclinal, posé sur la tranche de la série, et qui doit appartenir à la troisième écaille. Un lambeau de quartzites, pincé sous ce synclinal au Sud-Ouest, confirme cette interprétation, mais il est impossible de suivre ailleurs le contact anormal entre calcaire triasique et calcaire triasique.

Termier interprétait le chaînon de la Croix de Salcette comme un anticlinal de calcaire triasique, apparaissant en fenêtre sous les quartzites et le Houiller, et qui devrait alors appartenir à une unité inférieure à la deuxième écaille (d'ailleurs non distinguée par Termier). Les pendages semblent justifier cette interprétation, mais nous avons découvert en plusieurs points, à l'Est du sommet, et sur la grande paroi qui le limite au Sud, des charnières tournées en sens inverse. Il s'agirait donc d'un synclinal, fortement pincé et déversé vers l'Ouest, homologue à part cela du synclinal de Ratière. Les lambeaux de quartzite situés immédiatement à l'Ouest représenteraient la suite de l'axe anticlinal Combes-Aquila.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Mesure du* pH *dans l'Océan Atlantique et dans l'Océan Pacifique.* Note (1) de M. **Jules Rouch**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours d'un voyage du Havre à San-Francisco par le canal de Panama, à bord du paquebot français *Oregon*, au mois de juillet et août 1939, nous avons effectué de nombreuses mesures du pH des eaux de mer de surface.

Nous avons employé la méthode colorimétrique, en utilisant les mélanges tampons de Palitzch, et le rouge de crésol comme indicateur; la correction de salinité a été faite.

Ces mesures effectuées par le même observateur dans les deux océans, à peu de jours d'intervalle, permettent des comparaisons intéressantes.

---

(1) Séance du 16 octobre 1939.

Si nous groupons nos observations suivant la latitude, nous obtenons les valeurs du pH données dans le tableau ci-après. Les variations du pH sont très faibles dans des lieux rapprochés, et les valeurs extrêmes observées dans les zones indiquées s'écartent très peu, et souvent pas du tout, des valeurs moyennes.

Valeurs moyennes du pH.

Latitude (N).....	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
Océan Atlantique.....	8,08	8,17	8,22	8,19	8,20	8,20	8,20	8,17	–	
Océan Pacifique.......	–	–	8,12	8,20	8,22	8,24	8,25	8,26	8,23	

La valeur du pH des eaux de surface est donc, dans l'Atlantique, plus faible dans nos latitudes que dans les latitudes plus méridionales.

Une variation analogue s'observe dans l'Océan Pacifique.

Mais le résultat le plus remarquable de nos mesures réside, à mon avis, dans les valeurs relativement très fortes du pH (8,25 et même supérieures à 8,25) observées dans l'Océan Pacifique entre les tropiques et l'équateur, le long des côtes du Mexique et de l'Amérique centrale.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Éricacées. Développement de l'embryon chez le* Pyrola rotundifolia *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Rien d'exact n'a été écrit ni figuré sur le développement de l'embryon du *Pyrola rotundifolia*. Les raisons en sont toujours les mêmes. On n'a pas suivi rigoureusement la marche de la segmentation en prenant l'œuf à ses premiers cloisonnements.

Comme le montrent les figures 1 à 3, il se constitue une tétrade linéaire par division transversale de la cellule apicale et de la cellule basale du proembryon bicellulaire. La cellule basale se segmente tantôt avant, tantôt après la cellule apicale; elle semble même dans certains cas demeurer indivise. Quoi qu'il en soit, elle ne prend nulle part à la construction de l'embryon ou de la plante et l'on doit en faire abstraction dans l'établissement des lois du développement. Les deux cellules supérieures de la tétrade *cc* et *cd* produisent une tétrade en T (*fig.* 4, 5), puis, à la génération suivante, un groupe le plus souvent octocellulaire, présentant quatre étages : *q*, *m*, *n* et *n'* (*fig.* 6, 7).

L'étage *q* est composé de quatre quadrants qui, par divisions transversales, produisent quatre octants supérieurs, *os*, et quatre octants inférieurs, *oi* (*fig.* 8, 9). Les premiers engendrent la partie supérieure du proembryon, celle qui correspond à la

partie cotylée; ils se segmentent assez irrégulièrement par des parois tantôt périclines (*fig.* 10, 11), tantôt anticlines (*fig.* 13, 15), suivies de quelques autres parois diversement orientées. On sait que, chez les *Pyrola*, il ne se développe pas de cotylédons. Cette partie cotylée reste constituée d'un petit nombre de blastomères, assez gros, n'offrant aucune différenciation. Les octants inférieurs donnent naissance à la partie supérieure dé l'hypocotyle *l'*. Leurs processus de division sont aussi assez irréguliers. Ils se cloisonnent tout d'abord soit verticalement (*fig.* 11), soit transversalement

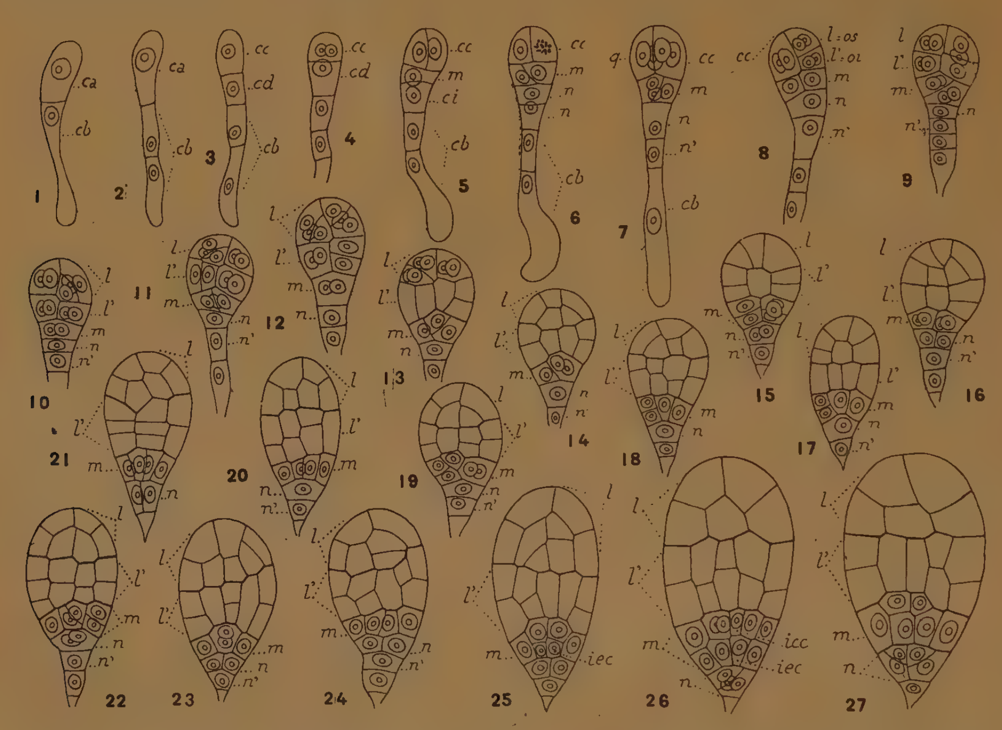


Fig. 1 à 27. — *Pyrola rotundifolia* L. — Les principaux stades du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules filles superposées de *ca*; *q*, quadrants; *os* ou *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *oi* ou *l'*, octants inférieurs ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule fille supérieure de *cd* ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule fille inférieure de *cd*; *n*, cellule fille supérieure de *ci* ou partie médiane de la coiffe; *n'*, cellule fille inférieure de *ci* entrant dans la construction du suspenseur proprement dit; *icc*, initiales de la stèle et *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 330.

(*fig.* 12); à ces premières parois succèdent quelques autres cloisons plus ou moins normales aux précédentes. Les cellules périphériques qui résultent de ces divisions peuvent offrir, au terme de la vie intraséminale, les caractères d'un épiderme, mais les cellules intérieures, peu nombreuses, ne paraissent nullement différenciées en périblème et plérome.

L'étage *m* produit la partie inférieure de l'hypocotyle, aux dépens de laquelle se constituent les initiales de la stèle et de l'écorce de la racine. Les premières cloisons,

dans cet étage, sont verticales (*fig.* 8, 15, 16, 20, 21), souvent obliques (*fig.* 6, 9, 11, 13, 19). Viennent ensuite d'autres parois, transversales ou inclinées, qui conduisent à la différenciation (*fig.* 22 à 27), dans la région voisine de l'axe, de deux tétrades cellulaires : la tétrade supérieure représente les initiales du cylindre central, la tétrade inférieure les initiales de l'écorce. La cellule *n* (*fig.* 7 à 17) produit la portion médiane de la coiffe; elle se cloisonne tout d'abord verticalement (*fig.* 15, 21 à 25) ou obliquement (*fig.* 26). En 26, 27, on voit comment arrivent à se différencier à ses dépens les premiers éléments de l'assise calyptrogène. L'élément *n'* (*fig.* 8) se cloisonne transversalement ou demeure indivis; il entre, avec les éléments issus de *cb*, dans la construction d'un suspenseur filamenteux, en grande partie logé dans un haustorium micropylaire, mais bientôt tout entier résorbé par l'albumen.

Si l'on dresse le tableau récapitulatif des lois du développement de l'embryon du *Pyrola rotundifolia*, on constate que ces lois sont identiques à celles qui ont été déjà établies au sujet du *Samolus Valerandi* (¹) et du *Portulaca oleracea* (²). C'est dans le même cadre de la 2ᵉ période de la classification embryogénique qu'il convient de placer les trois espèces.

ZOOLOGIE. — *Le nombre de chromosomes des* Ligiidæ (*Crustacés*; *Isopodes terrestres*). Note de Mˡˡᵉ **Catherine Mir**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai établi le nombre de chromosomes chez les trois représentants français de la famille des *Ligiidæ*. Ces recherches avaient pour but de préciser les rapports existant entre les *Ligiidæ* et les autres *Oniscoidea*. Les trois espèces étudiées sont deux formes halophiles, *Ligia italica* (mâle et femelle étudiés), *Ligia oceanica* (mâle seul étudié) et une forme muscicole, *Ligidium hypnorum* (mâle seul étudié).

Les métaphases spermatogoniales, en raison du grand nombre d'éléments qu'elles présentent (de l'ordre d'une soixantaine), se prêtent mal à une numération précise. C'est l'examen des cinèses des spermatocytes de premier ordre qui m'a fourni les images les plus nettes et les plus instructives.

Ligia italica. — La garniture chromosomique haploïde se compose

---

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 145; *Titres et Travaux* (2ᵉ Notice), 1937, p. 29.

(²) R. Souèges, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 768.

de 28 éléments arrondis (*fig.* 1). Les plus gros sont situés à la périphérie; ils mesurent 3$^{\mu}$ de diamètre; les petits éléments mesurent 1$^{\mu}$; deux ou trois sont de taille intermédiaire. Ces différences se retrouvent dans les vues de profil; les grosses tétrades dépassent nettement l'alignement formé par les



Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

petites. La tétrade la plus volumineuse est souvent rejetée à l'extérieur du fuseau; elle correspond cependant à un autosome et non à un hétérochromosome, comme le prouve son comportement à la première et à la deuxième division de maturation.

L'examen de la division qui libère le premier globule polaire permet de retrouver ces 28 éléments, avec les mêmes rapports de taille que dans la spermatogenèse.

Ligia oceanica. — Les figures de spermatogenèse offertes par cette espèce sont très comparables à celles de l'espèce précédente; les spermatocytes y sont cependant plus volumineux, et les cinèses y sont plus belles; de plus, le nombre haploïde est ici égal à 30 (*fig.* 2). Une tétrade est plus volumineuse que les autres (3$^{\mu}$,5); deux ou trois sont de taille moyenne; les plus petites mesurent 1 à 2$^{\mu}$.

Ligidium hypnorum. — La garniture haploïde comprend 31 éléments (*fig.* 3). Les différences de taille sont ici moins sensibles que dans les deux espèces précédentes. Une seule tétrade est plus grosse que les autres.

Dans le voisinage de la plaque équatoriale, on observe, chez *Ligia oceanica* et chez *Ligidium hypnorum*, un organite énigmatique ressemblant à un chromosome (*chromatoid body* de Wilson).

Conclusion. — Les nombres différents observés dans trois espèces de

Ligiidæ étudiées, sont probablement dus à un phénomène de fragmentation, les gros chromosomes s'étant divisés en éléments plus petits. Il faut en effet remarquer que *Ligidium*, qui possède le nombre le plus élevé, présente en même temps une garniture chromosomique dont la taille des éléments varie peu. Le nombre chromosomique de base des *Ligiidæ* semble être égal à 28.

Comparons ce nombre à ceux déjà connus chez les Isopodes :

Asellota. — *Asellus aquaticus*, $n = 8$ (Vandel, 1938); *Proasellus meridianus*, $n = 8$ (Vandel, 1938); *Stenasellus Virei*, $n = 24$ à 26 (Vandel, 1938).

Oniscoidea. — *Trichoniscus provisorius*, $n = 8$ (Vandel, 1926, 1928, 1934); *Trichoniscus biformatus*, $n = 8$ (Vandel, 1929); *Oniscus asellus*, $n = 16$ (Nichols, 1902, 1909); *Armadillidium vulgare*, $n = 27$ (Radu, 1930, 1931).

Valvifera. — *Idotea irrorata*, $n = 28$ (Nichols, 1909).

Le nombre de chromosomes que présentent les *Ligiidæ* les éloigne des autres *Oniscoidea*, dont le nombre de base semble égal à 8. Il est, par contre, remarquable de constater que le seul Isopode marin dont on connaisse le nombre de chromosomes (*Idotea irrorata*) présente un chiffre égal au nombre de base des *Ligiidæ*. L'étude cytologique confirme donc les résultats des recherches morphologiques, qui font des *Ligiidæ* un groupe à part (*Protophora archaica* Verhoeff, 1936), distinct des autres Oniscoïdes, et encore très voisin des formes marines.

ZOOLOGIE. — *Observation de l'accouplement chez une espèce de Crevette* Crangon crangon. Note de Mme **Louise Nouvel**, présentée par M. Charles Pérez.

De toutes les espèces de Crevettes que j'ai maintenues en élevage depuis plusieurs années, *Crangon crangon* restait à certains égards l'espèce la plus énigmatique. Ces animaux vivent, en effet, habituellement enfouis dans le sable; maintenus captifs dans des aquariums, la clarté du jour les gêne. Ils restent inactifs et inlassablement plaqués contre les parois de l'aquarium. Ce comportement explique les raisons pour lesquelles l'accouplement des Crevettes grises n'avait jamais été observé jusqu'ici. Je me suis efforcée cependant de le déceler, car il me paraissait intéressant de décider si le mode de copulation de ces animaux se trouve en relation avec une particularité anatomique propre à cette espèce. En effet les *Crangon* se distinguent des autres Crevettes par l'absence d'*appendix interna* aux

rames internes des pléopodes. Havinga (1929) [1], dans un travail consacré à la biologie des *Crangon*, affirme qu'on ne sait rien sur le mode de reproduction de cette espèce et il ajoute même que vu l'absence d'un des membres copulateurs, on ne peut se faire aucune idée de l'accouplement.

La difficulté de l'étude expérimentale de l'accouplement réside également dans le fait que cette espèce comporte un nombre restreint de mâles (25 % environ). Enfin, il faut avoir acquis une parfaite connaissance de ces animaux pour pouvoir différencier les mâles des femelles de même taille, non ovigères. Le sexe des *Crangon* doit être déterminé à l'aide du binoculaire, car l'*appendix masculina*, situé sur la rame interne du second pléopode ne se développe que très tardivement, au moment de la maturité de l'individu; cet appendice copulateur n'atteint jamais une grande taille (chez les plus grands individus mâles mesurant de 35 à 36^{mm}, l'appendice copulateur mesure 1^{mm} à $1^{mm},5$). Un autre caractère sexuel peut servir de critère : c'est la taille de la rame interne du premier pléopode qui, chez la femelle, atteint la moitié de la longueur de la rame externe; chez le mâle, cette rame reste très courte et glabre. Chez les femelles, le côté interne des sympodites est presque toujours orné de soies, car, chez cette espèce, ce caractère sexuel secondaire devient très vite permanent.

Nous avons pu observer le rapprochement sexuel des *Crangon* grâce à un artifice que nous avions déjà employé pour d'autres espèces de Crevettes : des femelles, dont l'incubation paraît arriver à terme, sont isolées. De nombreuses éclosions se produisent dans la soirée et les femelles muent dans le courant de la nuit. Ayant pris la précaution d'isoler également des mâles, nous les mettions le lendemain matin en présence des femelles encore molles. Les mâles, en particulier les plus petits, font preuve d'un grand énervement, agitant les fouets de leurs antennes dont les soies sensorielles vibrent (sens de l'odorat); ils se rapprochent d'une femelle, l'abordent soit par derrière en grimpant sur son dos, soit latéralement, finissant par se glisser sous le ventre et, après plusieurs essais, ils se disposent perpendiculairement à la femelle, au niveau de l'anneau intermédiaire entre le céphalothorax et le premier segment abdominal. Aucun appendice thoracique ne joue un rôle d'accrochage, pas même la paire de pinces subchéliformes qui reste dans sa position

---

(1) *Handbuch der Seefischerei Nordeuropas* von H. LÜBBERT und E. EHRENBAUM, *Krebse und Weichtiere*, Band III, Heft 2.

habituelle; aucun pléopode non plus ne se trouve être en contact avec la femelle. Seul un effort musculaire très visible raidit le mâle qui applique ainsi ses ouvertures génitales (situées au niveau de la cinquième paire de péréiopodes contre la face ventrale de la femelle entre le céphalothorax et le premier segment abdominal.

Les femelles dont la chitine est encore molle restent apathiques, elles ne font aucun effort pour être fécondées et une fois qu'elles le sont, elles se défendent en général de l'être une seconde fois. Notons aussi que les mâles ne se rapprochent des femelles que pendant la très courte période où elles sont réellement en état d'être fécondées (une douzaine d'heures après la mue).

Nous avons pu observer ainsi l'accouplement de très grosses femelles de 46, 49, 50, 55 et 58^{mm} avec des mâles de 30 à 36^{mm}.

Les plus petites femelles mesurant 30^{mm} environ, pondent toujours immédiatement après l'accouplement. Les plus grandes pondent dans un délai de 24 heures; une femelle de 58^{mm} n'a pondu que 48 heures après la fécondation.

Si des femelles qui viennent de muer et dont l'ovaire est mûr sont maintenues à l'écart des mâles, celles-ci pondent néanmoins, mais leurs œufs ne se développent pas et finissent par tomber.

Nous pouvons donc conclure que, chez l'espèce *Crangon crangon :*

1° L'accouplement se fait en position cruciale, tout comme nous l'avions observé chez *Athanas nitescens*, *Leander squilla*, *Alpheus dentipes* (L. et H. Nouvel, 1935 et 1937) ([2]).

2° Aucun appendice ne joue un rôle dans l'accouplement, pas même les appendices dits de copulation (organe copulateur du mâle ou *appendix masculina* et, à plus forte raison ici, l'*appendix interna*). Les pinces chez cette espèce n'interviennent même pas pour maintenir la femelle.

3° La ponte a lieu, même en l'absence de tout rapprochement sexuel.

([2]) *Bull. Institut Océanographique*, n° 685, 1935; *Bull. Soc. Zool. de France*, 62, III, 1937, p. 208.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur les variétés frustes ou irrégulières de la polyembryonie dans les embryomes parthénogénétiques*. Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans plusieurs Notes, j'ai exposé les divers modes d'évolution et de multiplication des boutons et vésicules embryonnaires dans les tumeurs à tissus multiples du testicule.

A. Le type I, très rare, montre, comme chez le Tatou (*D. novemcinctus*),



une vésicule primitive, avec les quatre écussons ou vésicules secondaires issus de ses deux divisions symétriques et successives suivant des axes perpendiculaires, la seule différence est que dans nos embryomes, le bourgeonnement au niveau des angles alterne avec le bourgeonnement sur les faces ([1]).

([1]) Peyron, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 646.

B. Type II, division symétrique et incomplète; on trouve un bouton à chacune des deux extrémités d'une cavité amnio-ectoblastique commune de forme allongée ([2]).

C. Dans le type III, très rare, la division symétrique et complète du bouton donne l'image en miroir ou caractéristique de la gémellité monozygotique ([3]).

D. Le type IV, le plus fréquent, montre un bourgeonnement irrégulier de la vésicule ectoblastique pouvant intéresser également la vésicule entoblastique, lorsque celle-ci s'est développée ([3]).

La variété nouvelle qui fait l'objet de cette Note se rattache à la fois aux types III et IV. Elle s'observe au niveau de microkystes souvent volumineux et irréguliers, qui, jusqu'à nos recherches, avaient été considérés par tous les auteurs comme de simples kystes végétants ou papillifères issus d'ébauches somatiques diverses de type fœtal. Ces microkystes représentent en réalité des formations précoces, précédant le stade des feuillets proprement dit; leur revêtement, indifférencié, garde un potentiel polyvalent mixte, ectoblastique et entoblastique (et même mésoblastique dans certaines zones fertiles correspondant à un enroulement gastrulaire). La vue d'ensemble d'un de ces kystes est donnée dans l'angle droit de la figure et son segment supérieur est représenté en haut à un plus fort grossissement; les zones épaissies de l'amnio-ectoblaste sont représentées en noir; à chacune d'elles correspond, dans le mésoblaste périphérique, une cavité entoblastique. Cette vésicule, malgré sa forme irrégulière, se rattache à la vésicule quadrilobée schématisée dans l'angle gauche du dessin et qui correspond à la fois au type I de nos embryomes et à l'œuf du Tatou. Dans cette dernière figure, on a donné à un des écussons une surface convexe et non concave, pour souligner qu'il s'agit d'une modification d'ordre secondaire vraisemblablement liée à des facteurs d'ordre mécanique. Ainsi, dans ce type V comme chez le Tatou, les zones matricielles des futurs boutons ou embryons jumeaux montrent une topographie symétrique, établissant l'existence d'une induction propagée; cette dernière est vraisemblablement liée à l'action synergique de facteurs multiples : mésoblaste périphérique, contenu liquide de la vésicule, action sécrétrice de l'ectoblaste avec variations, peut-être successives, de sa polarité du côté du stroma ou de la cavité. Les simples facteurs mécaniques (tension du liquide) ne sauraient

---

([2]) Peyron et Limousin, *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 822.
([3]) Peyron et Limousin, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1938, p. 409.

suffire à expliquer la symétrie des boutons secondaires, puisque ceux de notre vésicule irrégulière sont localisés à un seul segment. Ces variations d'ordre quasi expérimental offrent un intérêt particulier pour le mécanisme toujours discuté de la polyembryonie du Tatou, attribuée par les uns à une fission de la vésicule embryonnaire et par d'autres à son simple bourgeonnement. Ce dernier mécanisme paraît prédominer dans les embryomes (sauf dans le type III); d'une façon générale, on y observe la persistance et la grande étendue des segments intermédiaires des vésicules (correspondant aux quatre canaux amniotiques du Tatou). Mais, ultérieurement ces segments au repos reviennent à l'état fertile, selon un cycle d'alternance précisément caractéristique du processus néoplasique.

La séance est levée à 15^h^20^m^.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 25 septembre 1939.)

Note de M. *Raymond-Hamet*, Sur un faux Iboga doué de propriétés pharmacologiques très différentes de celles du véritable Iboga :

Page 524, ligne 3 de la légende, *au lieu de* repaire, *lire* repère.